



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 10 2004 010 498.0

**Anmeldetag:** 04. März 2004

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH,  
70469 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Pumpenkolben und/oder Pumpenkolben dichtende  
Elemente, insbesondere Dichtring aus elastomerem  
Material und Vorrichtung und Verfahren zum Be-  
schichten eines Gegenstandes aus elastomerem  
Material

**Priorität:** 02.04.2003 DE 103 14 984.8

**IPC:** C 23 C, F 04 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. April 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident

In Auftrag

Sieck

"Pumpenkolben und/oder den Pumpenkolben dichtende Elemente, insbesondere Dichtring aus elastomerem Material und Vorrichtung und Verfahren zum Beschichten eines Gegenstandes aus elastomerem Material"

Die Erfindung betrifft einen Pumpenkolben und/oder den Pumpenkolben dichtende Elemente nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. einen Dichtring nach dem Oberbegriff des Anspruchs 3 sowie eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Beschichten eines Gegenstandes unter Nutzung eines Plasmas nach dem Oberbegriff des Anspruchs 5 bzw. 14.

Stand der Technik:

Pumpenkomponenten wie z.B. sich beim Pumpen des zu fördernden Fluids bewegende Pumpenkolben bzw. diesen dichtende feststehende Bauteile, z.B. Dichtringe, sind in der Regel erhöhtem Verschleiß ausgesetzt. Der Verschleiß betrifft regelmäßig Oberflächenbereiche, die durch Druck bzw. Flächenpressung beansprucht sind. Pumpenkolben beispielsweise verschleifen relativ stark aufgrund von Oszillationen, Querkräften und Reibung, wobei auch Spaltextrusion am Dichtring, Verschleiß am Führungsring bzw. an der Exzenterwelle regelmäßig auftreten kann. Beispielsweise wird über die Lagerstelle zwischen Exzenter und Pumpkolben die Rotationsbewegung des Antriebs in eine Hubbewegung zur Druckerzeugung umgesetzt, wodurch Verschleißbelastungen in der Lagerstelle entstehen.

Sowohl Pumpenkolben als auch Dichtringe müssen deshalb gegen erhöhten Verschleiß geschützt werden, um ihre Pump- bzw. Dichtfunktion aufrecht erhalten zu können.

Die beschriebenen Pumpenkolben und Dichtringe, werden beispielsweise in Pumpsystemen der modernen Fahrzeugtechnik eingesetzt. Hier seien beispielhaft die Sicherheits-Technologien wie ABS (Anti-Blockier-System), ESP (Elektronisches-Stabilisierungsprogramm), EHB (Elektrohydraulische-Bremse) oder ASR (Anti-Schlupf-Regelung) genannt.

Bislang kommen neben unbeschichteten Pumpkolben und Dichtringen auch gleitlackbeschichtete Dichtringe, teils mit Zusatzschmierung zum Einsatz, um eine möglichst hohe Verschleißbeständigkeit zu gewährleisten.

Bei herkömmlich eingebauten Teilen in Pumpen insbesondere für die oben genannten Anwendungen ist der Verschleiß für eine übliche Lebensdauer von ca. 80 Stunden ausreichend gering. Aufgrund von multiplen Anwendungseinsätzen wird ein Anstieg der benötigten Lebensdauer auf etwa 150 bis 400 Stunden, z.B. bei Enhanced-ESP bzw. EHB erwartet. Die Erhöhung der Belastungsdauer kann mit den bisherig verwendeten Dichtsystemen durch den Verschleiß der Dichtringe bzw. Pumpenkolben zu einer Leckage von Bremsflüssigkeit und damit zu einem Versagen des Gesamtsystems führen.

Ein typisches Material für Dichtringe z.B. aus elastomeren Materialien, ist EPDM (Terpolymere aus Ethylen, Propylen und einem Dien mit einem ungesättigten Teil des Dien in der Seitenkette).

Die bisherigen Maßnahmen zur Oberflächenvergütung von Dichtringen aus Elastomeren, z.B. Sprüh- oder Tauchbeschichtung mit einer Lackschicht sind nicht oder nur

sehr eingeschränkt für die genannten erhöhten Anforderungen ausreichend.

Aus der EP 0 022 285 A1 ist ein trockengeschmiertes Gleitlager bekannt, bei dem eine Gleitschicht zwischen den sich gegen- oder aufeinander bewegend Flächen des Lagers aus einer auf einem Substrat festhaftend angebrachten Kohlenstoffschicht von einer Schichtdicke im Bereich von 10 nm bis 10  $\mu$ m einer diamantähnlichen Kristallstruktur besteht. Diese Gleitschichten sind jedoch nur unter trockenem Einsatz, z.B. ohne Schmierstoffe bzw. in feuchtefreier Umgebungsluft mit noch tolerierbarem Verschleiß einsetzbar, was in der Praxis jedoch nachteilig ist.

Aufgabe und Vorteile der Erfindung:

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Haltbarkeitseigenschaften von Oberflächen von Bauteilen, insbesondere elastomeren Bauteilen zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Ansprüche 1, 3, 5 und 14 gelöst.

Die Erfindung geht zunächst von einem Pumpenkolben und/oder den Pumpenkolben dichtende Elemente aus. Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung liegt darin, dass die Beschichtung des Kolbens und/oder der dichtenden Elemente zumindest überwiegend aus den Ausgangsstoffen in Form von halogen-, silizium-, kohlenstoffhaltigen und/oder metallorganischen Monomeren gebildet ist. Die genannten Monomere können eine äußerst fest haftende, chemisch gebundene, stabile und dauerhafte Schutzschicht bilden. Insbesondere kann auch eine aus den erwähnten Monomeren gebildete Mehrschichtaufbau realisiert werden. Zum Beispiel kann durch die genannten Monomere eine Funktionsschicht als äußere Schicht einer aus mehreren Schichten aufgebauten Schutzschicht auf einem

Pumpenkolben bzw. diesen dichtende Elemente gebildet sein. Beispielsweise werden Pumpenkolben mit einer Haftschrift, einer darüber liegenden Zwischenschicht oder Übergangsschicht und einer äußeren Funktionsschicht beschichtet. Ein derartiger Aufbau ist in der Figurenbeschreibung insbesondere zu Figur 3 genauer beschrieben.

Der Pumpenkolben kann aus unterschiedlichen Materialien bestehen, z.B. aus Metall oder Kunststoff, wobei er auf seiner gesamten Oberfläche oder aber nur in Bereichen mit einer Schutzschicht versehen sein kann, z.B. auf seiner äußeren Mantel- und Stirnfläche.

Unter den Pumpenkolben dichtende Elemente sind insbesondere Dichtelemente zu verstehen, die eine Abdichtung und gewisse Führung und Lagerung des Pumpenkolbens z.B. an der Pumpenkolbenoberfläche gegen angrenzende Bereiche bewirken. Solche dichtende Elemente sind typischerweise Dicht- bzw. Führungsringe, Gehäuseabschnitte und dergleichen, wodurch auch ein Austreten von zu fördernden Medien bzw. Schmierstoffen an der Pumpenkolbenoberfläche in die angrenzenden Bereiche ermöglicht wird.

Durch eine geeignete Beschichtung des Pumpenkolbens und/oder der den Pumpenkolben dichtende Elemente kann die Lebensdauer des Gesamtsystems erhöht werden bzw. eine deutlich geringere Leckage, z.B. von Bremsflüssigkeit, über die Lebensdauer aufgrund der Reduzierung des Verschleißes erreicht werden. Insbesondere einem Dichtringverschleiß kann entgegengewirkt werden. Außerdem können auch andere den Pumpenkolben dichtende bzw. führende Elemente, wie z.B. ein Führungsring, besser verschleißgeschützt werden. Des Weiteren könne auch Bauteile besser geschützt werden, die mit dem beschichteten Kolben unter vergleichsweise hohen Verschleißbelastungen zusammenwirken, z.B. eine Exzenterwelle zur Bewegungsübertragung auf den Pumpenkolben.

Vorteilhafterweise kann darüber hinaus durch die Beschichtung zumindest größtenteils auf zusätzliche Schmierstoffe, wie sie bisher notwendig sind, verzichtet werden.

Es ist außerdem besonders bevorzugt, wenn die Beschichtung des Kolbens und/oder der dichtenden Elemente zumindest überwiegend aus DLC (Diamond Like Carbon) besteht. DLC ist eine Kohlenstoffschicht, die besonders widerstandsfähig und reibarm ist.

Insbesondere betrifft die Erfindung einen Dichtring aus elastomerem Material, der mit einer zusätzlich aufgetragenen Beschichtung ausgestattet ist. Auch hier wird ein wesentlicher Gesichtspunkt der Erfindung dadurch realisiert, dass die Beschichtung zumindest überwiegend aus den Ausgangsstoffen in Form von halogen-, silizium-, kohlenstoffhaltigen und/oder metallorganischen Monomeren gebildet ist. Vorzugsweise ist die Beschichtung vollständig aus den genannten Ausgangsstoffen gebildet. Die Monomere eignen sich besonders, eine äußerst gut mit dem Elastomer, d.h. auch chemisch gebundene, stabile, dauerhafte und je nach Monomer mit spezifisch ausgestatteten Eigenschaften versehene Schutzschicht zu bilden. Das elastomere Material des Dichtrings ist typischerweise EPDM, wobei auch andere Materialien wie z.B. verschiedene Kautschukvarianten bzw. Viton oder Turcun geeignet sind.

Durch den Dichtring mit erfindungsgemäßer Beschichtung wird ein Grundkörper aus einem Elastomer bereitgestellt, der eine hohe Oberflächengüte, d.h. insbesondere eine vergleichsweise hohe Abriebfestigkeit bzw. Härte und einen reduzierten Reibwert besitzt. Mit diesen Eigenschaften kann der Dichtring z.B. für Anwendungen in Pumpkolben mit einer Normallebensdauer von über 150 bis zu 400 Betriebsstunden eingesetzt werden. Außerdem werden mit einem erfindungsgemäß

beschichteten Dichtring verbesserte Montageeigenschaften erhalten.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich durch einen Dichtring mit einer Beschichtung aus zumindest überwiegend DLC (Diamond Like Carbon) aus. Die Vorteile dieser DLC-Schicht wurden bereits weiter oben diskutiert.

Unter Dichtringen sind alle bekannten und in der Praxis üblichen Dichtringe aus elastomerem Material zu verstehen. Insbesondere sind darunter auch sogenannte Quadringe bzw. X-Ringe zu verstehen.

Die Beschichtung des Gegenstandes wird bevorzugt in einem Plasma vorgenommen. Die Aufgabe wird dementsprechend außerdem ausgehend von einer Vorrichtung zum Beschichten eines Gegenstandes aus elastomerem Material, die eine evakuierbare Prozesskammer umfasst, welche eine Elektrode, an der zu beschichtende Gegenstände positionierbar sind und mindestens eine Gegenelektrode aufweist, wobei zwischen Elektrode und Gegenelektrode ein Plasma ausgebildet werden kann, dadurch gelöst, dass die Elektrode in Bezug auf einen zu beschichtenden Gegenstand eine vorgegebene

Oberflächengeometrie aufweist, so dass unmittelbar an dem zu beschichtenden Gegenstand eine Plasmaverteilung entsteht, durch die eine bedeutende Beschichtung, vorzugsweise eine weitgehend gleichmäßige Beschichtung des Gegenstandes auch an den, der Gegenelektrode nicht zugewandten Oberflächenbereichen erfolgt. Durch diese Vorrichtung ist es möglich, z.B. Dichtringe kostengünstig und in hoher Stückzahl mit einer Schutzschicht zu versehen, welche ein verbessertes Reibverhalten und eine höhere Abriebfestigkeit besitzen. Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, dass in einem Beschichtungsvorgang die Beschichtung der maßgeblichen Oberflächen, insbesondere auch solcher

Oberflächen möglich ist, die nicht unmittelbar in den Plasmaraum zwischen Elektrode und Gegenelektrode zeigen.


Wird ein zu beschichtender Gegenstand betrachtet, der beispielsweise im Schnitt senkrecht zur Elektrodenoberfläche rund ist und der auf einer ebenen nicht erfindungsgemäß gestalteten Elektrode aufliegt, erfährt der zur Gegenelektrode gerichtete obere halbkreisförmige Rand des Querschnitts eine vergleichsweise intensive Beschichtung, da hierauf das Plasma ungehindert einwirken kann. Der zur Elektrode gerichtete untere halbkreisförmige Rand des Querschnitts wird demgegenüber vergleichsweise weniger ausgeprägt beschichtet. Denn die der Elektrode zugewandten Oberflächenbereiche liegen in einer Art Plasmaschatten. Das Plasma ist im Plasmaschatten weniger intensiv ausgebildet und führt somit zu einer weniger gut ausgebildeten Schutzschicht am unteren halbkreisförmigen Rand des Gegenstandes bzw. auf entsprechenden Oberflächenbereichen, die im Plasmaschatten liegen.

Bei einer Beschichtung mit nicht erfindungsgemäß ausgebildeter Elektrode sind deshalb vergleichsweise aufwändige mehrstufige und z.B. zeitlich getrennte Beschichtungsvorgänge notwendig, bei denen der Körper gedreht werden muss, wenn alle bzw. die ausschlaggebenden Oberflächenbereiche hochwertig beschichtet sein sollen. Durch die erfindungsgemäße Oberflächengeometrie der Elektrode kann dagegen das Plasma auch an die Oberflächenbereiche des Gegenstandes heranreichen, die nicht der Gegenelektrode zugewandt sind. Im Ergebnis können diese Oberflächen auch mit einer hochwertigen Beschichtung versehen werden.


In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung, weist die Elektrode wenigstens eine auf den zu beschichtenden Gegenstand abgestimmte Ausnehmung auf. Die Oberflächengeometrie der Elektrode kann in einer Weise an zu



beschichtende Gegenstände angepasst werden, dass insbesondere durch z.B. einen günstigen Feldlinienverlauf im Plasma an den Gegenständen genügend Reaktanten im Plasma auch die Oberflächenbereiche des Gegenstandes erreichen, die nicht unmittelbar in den Plasmaraum zwischen Elektrode und Gegenelektrode schauen. Um die genannten Effekte zu erzielen, kann statt der Ausnehmung auch eine auf den zu beschichtenden Gegenstand abgestimmte Erhöhung an der Elektrode ausgebildet sein.



Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung zeichnet sich durch wenigstens eine auf den Gegenstand abgestimmte durchgehende Öffnung in der Elektrode aus. Das Plasma kann sich in die Öffnung erstrecken und den vom Plasma erfüllten Raum dadurch erweitern. Damit kann das Plasma auch Oberflächenbereiche des zu beschichtenden Gegenstandes, die der Gegenelektrode nicht direkt zugewandt sind, besser erreichen. Eine weitere Verbesserung der Beschichtung kann dadurch erreicht werden, dass das Prozessgas unmittelbar durch die Öffnung in der Elektrode hindurchströmen kann und so die Reaktantendichte an den zu beschichtenden Oberflächen erhöht wird.



Gemäß einer außerdem bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung, besitzt die Elektrode zumindest eine durchgehende Öffnung und die Prozesskammer ist derart ausgebildet, dass im Bereich der wenigstens einen durchgehenden Öffnung das Plasma auf beiden Seiten der Elektrode ausgebildet werden kann.

Es kann eine Elektrode effektiver zur Beschichtung von Gegenständen genutzt werden, wenn beispielsweise an einer zwischen zwei Gegenelektroden angeordneten flachen plattenförmigen Elektrode auf beiden Seiten auf der Elektrodenoberfläche zu beschichtende Gegenstände positioniert werden. Hierbei sei vorausgesetzt, dass das

Plasma von beiden Seiten in die Öffnung eingreift, um die oben beschriebenen Vorteile zu erreichen.

Eine vorteilhafte Ausbildung des Erfindungsgegenstandes sieht vor, dass die Dicke der Elektrode und/oder die zumindest eine durchgehende Öffnung der Elektrode so ausgestaltet sind, dass das Plasma sich über nicht nur unwesentliche Bereiche der Tiefe der zumindest einen durchgehenden Öffnung erstrecken kann. Durch das so in der Öffnung ausgebildete Plasma werden Oberflächenbereiche des zu beschichtenden Gegenstandes, die in die Öffnung hineinreichen, besser von dem Plasma erreicht. Damit das Plasma in die Öffnung hineinreichen kann, kommt es darauf an, dass die Dicke der Elektrode und/oder die durchgehende Öffnung eine entsprechende Dimensionierung aufweist. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Elektrode genügend dünn bzw. die Öffnung ausreichend groß ist. Dieser Effekt kann auch bei vergleichsweise kleineren Öffnungen erzielt werden, wenn Elektroden mit entsprechend kleinerer Dicke zum Einsatz kommen. Die Elektrodenstärke liegt vorteilhafterweise beispielsweise bei ca. 0,1 bis 2 mm und die zu beschichtenden Gegenstände weisen Profildurchmesser von wenigen Millimetern auf, z.B. 1 bis 5 mm, womit der Durchmesser der Öffnung ebenfalls in dieser Größenordnung liegen kann.

In einer speziellen Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Dicke der Elektrode und/oder die durchgehende Öffnung der Elektrode so ausgestaltet, dass das Plasma sich über die gesamte Tiefe der zumindest einen durchgehenden Öffnung erstrecken kann. Ein durchgehendes Plasma wird insbesondere bei beidseitig der Elektrode brennendem Plasma erhalten. Dabei können sich in der Öffnung durch den dort sich einstellenden Plasmaverlauf vergleichsweise hohe Intensitäten ergeben. Plasma mit höherer Intensität wirkt sich im Vergleich zu Plasma mit niedrigerer Intensität positiv, d.h. steigend z.B. auf die erreichbare


Beschichtungsrate aus. Es können somit relativ hohe Beschichtungsraten erzielt werden, d.h. zum Beispiel Hochrate-Beschichtungsverfahren mit über 0,5 bis 100  $\mu\text{m}/\text{h}$ , insbesondere aber bis zu 20 bis 100  $\mu\text{m}/\text{h}$ . Mit diesen hohen Beschichtungsraten sind vergleichsweise kurze Beschichtungszeiten möglich, z.B. in Bereichen von wenigen Sekunden bis einigen Minuten, typischerweise kleiner einer Minute. Durch diese relativ kurzen Beschichtungszeiten kann die thermische Belastung des zu beschichtenden Gegenstandes im Plasma in der Regel in einem nicht kritischen Bereich gehalten werden. Beispielsweise erreichen Gegenstände aus elastomerem Material, die mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung beschichtet werden, nur Temperaturen von unter ca. 150 °C. Diese Temperaturen sind in der Regel für die betrachteten elastomeren Materialien für die relativ kurze Beschichtungsdauer unkritisch.

Gemäß einer besonderen Ausführungsform des Erfindungsgegenstandes sind in der Elektrode eine Mehrzahl regelmäßig angeordneter und auf zu beschichtende Gegenstände abgestimmte Ausnehmungen und/oder durchgehende Öffnungen vorgesehen. Dadurch können eine Vielzahl von Gegenständen gleichzeitig beschichtet werden. Zum Beispiel lassen sich in gängigen Beschichtungsanlagen und bei Abmessungen der Gegenstände von wenigen Millimetern bis zu über 1000 Gegenstände an der Elektrode positionieren und gleichzeitig beschichten. Die Elektrode kann z.B. in der Art eines Lochsiebs oder eines Netzes ausgeformt sein. Es können an allen oder nur an einem Teil der durchgehenden Öffnungen die zu beschichtenden Gegenstände positioniert werden.


Eine zweckmäßige Ausgestaltung des Erfindungsgegenstandes sieht vor, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung als Ein- oder Mehrkammeranlage ausgebildet ist. Damit lassen sich relativ kurze Chargen-Taktzeiten erzielen.

Im Weiteren ist es besonders vorteilhaft, wenn die Elektrode mit einer Wechselspannung oder gepulster Gleichspannung und/oder einem negativen oder positiven Bias (Vorspannung) beaufschlagt werden kann. Beispielsweise sind Mittel vorgesehen, um von außen eine Vorspannung vorgeben zu können. Hierdurch kann der Beschichtungsvorgang beeinflusst werden.

Eine vorteilhaften erfindungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass diese auf einen Dichtring als zu beschichtenden Gegenstand abgestimmt ist.



Die Aufgabe wird außerdem ausgehend von einem Verfahren zum Beschichten eines Gegenstandes aus elastomerem Material unter Nutzung eines Plasmas, bei welchem der Gegenstand zur Beschichtung an einer Elektrode in einer evakuierbaren Prozesskammer positioniert wird, dadurch gelöst, dass die Elektrode wenigstens eine Ausnehmung und/oder durchgehende Öffnung besitzt und der zu beschichtende Gegenstand so angeordnet wird, dass der Gegenstand zumindest teilweise in die durchgehende Öffnung und/oder Ausnehmung hineinragt. Der Gegenstand kann aber auch vollständig insbesondere in der Öffnung positioniert werden.



Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, dass eine bedeutende Beschichtung auch an der der Gegenelektrode nicht zugewandten Oberflächenbereichen stattfindet. Dabei können vergleichsweise hohe Beschichtungsraten erzielt und kostengünstig hohe Stückzahlen beschichtet werden.

Besonders vorteilhaft ist das vorgeschlagene Verfahren für einen Dichtring mit einem Durchgang, in der Regel eine Rundöffnung. Denn der Dichtring kann an funktional wichtigen Oberflächengeometrien in einem einzigen Prozess beschichtet werden, da das Plasma insbesondere auch im Dichtringloch, so ausgebildet wird, dass auch dort eine bedeutende Beschichtung stattfindet.

Das Dichtringloch wird an einem auf den Dichtring abgestimmtes Loch der Elektrode derart positioniert, dass der Dichtring in radialer Richtung betrachtet in einem nur schmalen Kreisringbereich die Elektrode überlappt und sonst nach innen im Loch übersteht. Nur ein relativ kleinflächiger Oberflächenbereich des Dichtrings ist damit für die Beschichtung nicht zugänglich, da er auf der Elektrode aufliegt. Dieser Bereich des Dichtrings ist aber in vielen Fällen, z.B. bei Kolbenabdichtungen, im Hinblick auf Oberflächenbeanspruchung bzw. Funktion von untergeordneter Bedeutung. In diesem Bereich sind deshalb keine hohen Anforderungen hinsichtlich der Beschichtung gestellt, in Einzelfällen können sie auch unbeschichtet bleiben.

Auf die übrigen Oberflächenbereiche des Dichtrings, insbesondere auf die zylindrische Mantelfläche des Dichtringlochs findet jedoch ein ausreichendes Beschichten statt. Meist muss gerade die Dichtringinnenfläche hinsichtlich der Beschichtung erhöhten Anforderungen genügen.

Wird z.B. ein sogenannter Quadring mit konkav ausgeformten Oberflächen mit vier ringförmig geschlossenen Dichtlippen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren beschichtet, kann dieser besonders vorteilhaft im Bereich eines Lochs der Elektrode positioniert werden. Dabei kann der Quadring in das Loch der Elektrode eingebracht und selbstklemmend daran befestigt werden. Dies ist möglich, wenn der elastische Dichtring im Bereich seiner umfänglichen Außenoberfläche einen Außendurchmesser aufweist, der geringfügig größer als bzw. nahezu so groß wie der Durchmesser des Elektrodenlochs ist. Vorteilhafterweise besitzt ein Quadring eine Reihe unterschiedlicher Außendurchmesser, da er konkav geformte Außenwandungen hat. Zum Beschichten wird der Quadring berührend im Elektrodenloch umgriffen und festgehalten. Diese besonders vorteilhafte Anordnung ermöglicht eine fast

vollständige gleichzeitige Beschichtung der Oberflächenbereiche des Quadrings. Lediglich der Oberflächenbereich, der von der Elektrode berührend umgriffen wird, kann nicht beschichtet werden. Dies ist ein hinsichtlich der Beschichtung zweitrangiger und bei entsprechend dünnen Elektroden relativ kleiner Bereich.

Für ein vorteilhaftes erfindungsgemäßes Verfahren wird eine Wechselspannung mit einer negativen Bias-Vorspannung oder eine gepulste Gleichspannung an der Elektrode angelegt. Ein Bias kann dabei durch das in der Prozesskammer erzeugte Plasma an der Elektrode entstehen, der sogenannte Selfbias, oder eine Vorspannung kann durch eine von außen an der Elektrode angelegte Spannung erzeugt werden. Ein von außen angelegter Bias hat den Vorteil, dass er einstellbar ist und ein gleichbleibendes Potential aufweist.

Der im Plasma gebildete Selfbias hängt von verschiedenen Faktoren ab, im Wesentlichen von der eingekoppelten Leistung, vom Gesamtdruck in der Prozesskammer und von den Flächenverhältnissen zwischen Elektrode und Gegenelektrode und/oder Prozesskammerwand. Bei Verwendung einer gitterartigen Elektrode kann die mit dem Plasma in Kontakt stehende Fläche der Elektrode relativ leicht eingestellt werden, z.B. durch die Anzahl, Größe und Ausformung der Öffnungen. Je nach Oberfläche der Gitterelektrode stellt sich bei sonst gleichen Bedingungen eine andere Selfbias-Spannung ein.

Im Fall eines negativen Potentials aufgrund einer negativen Vorspannung setzt sich dieses durch das elastomere Material des zu beschichtenden Gegenstandes durch und bewirkt eine Beschleunigung der sich im Plasma befindenden positiv geladenen Teilchen auf die Oberfläche des Gegenstandes. Das Einwirken dieser Teilchen bewirkt eine Kompaktierung der Schicht und so eine Erhöhung der Schichthärte. Es können

dabei chemisch gebundene und besonders gut haftende Oberflächenschichten aufgebaut werden. Die Effektivität des Teilchenbeschusses hängt von der Dicke des auf der Elektrode aufliegenden Dielektrikums ab, z.B. des Elastomers. Es können durch diesen Effekt Oberflächenschichten mit Unterschieden z.B. im Gradienten der Härte oder der Schichtdicke entstehen. Für einen beschichteten Dichtring kann dies erfindungsgemäß dazu führen, dass Bereiche mit z.B. härterer und besser haftender Schicht erhalten werden.

Weiter wird vorgeschlagen, dass der zu beschichtende Gegenstand unter Nutzung eines Plasmas vorbehandelt wird. Hierbei ist insbesondere eine Vorbehandlung des Gegenstandes unmittelbar vor dem Beschichten zu verstehen. Dabei kann die gleiche erfindungsgemäße Vorrichtung genutzt werden. Die Vorbehandlung erfolgt besonders vorteilhaft mit einem Plasma unter Zuführung von Luft, Edelgasen oder mit Sauerstoff und gegebenenfalls einer gezielten Spannungs-Beaufschlagung. Andere zur Oberflächenvorbehandlung geeignete Stoffe sind z.B. halogen-, sauerstoff- und/oder stickstoffhaltige Gase, die der Prozesskammer zugeführt werden. Die Vorbehandlung bewirkt eine Reinigung und Aktivierung der Oberfläche des elastomeren Materials, d.h. Erzeugung von freien Bindungen. Das Vorbehandlungsgas wird, wie auch das Beschichtungsgas, im Plasma angeregt und teilweise fragmentiert. Die gebildeten Radikale und/oder Ionen wirken auf die Oberfläche des elastomeren Materials derart ein, dass die Oberfläche gereinigt, z.B. durch Oxidationsvorgänge, aber auch durch ein "mechanisches Sputtern", bzw. aktiviert wird.

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend u.a. mit Hilfe der Zeichnung anhand von schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen beschrieben.

Ausführungsbeispiele:

Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Figur 1 zeigt einen perspektivisch dargestellten Dichtring, der in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren beschichtet werden kann.

Figur 2 zeigt einen vertikalen Schnitt durch wesentliche Teile einer Einkammeranlage zum Beschichten eines Dichtrings während des Beschichtungsvorgangs.

Figur 3 zeigt einen Schnitt durch einen Teil einer Pumpe mit einem über einen Exzenter bewegbaren Pumpenkolben.

In Figur 1 ist ein Dichtring 1 mit zylindrischer Grundform gezeigt. Er weist einen Durchgang 2 mit einem Innendurchmesser a und eine umfängliche äußere Mantelfläche 3 mit einem Außendurchmesser b auf. Der Durchgang 2 besitzt eine innere Mantelfläche 4. In radialer Richtung zwischen Innendurchmesser und Außendurchmesser erstrecken sich eine ringstreifenförmige obere und untere Stirnseite 5, 6.

Figur 2 zeigt eine Schnittansicht wesentlicher Teile einer erfindungsgemäßen Prozesskammer 7 mit der Elektrode 9, die zwischen einer Gegenelektrode 10 und einer Gasdusche 8 angeordnet ist. Die Gasdusche 8, die im gezeigten Beispiel ebenfalls als Gegenelektrode dient, besitzt eine Gas-Zuführung 15 und mehrere zum Innern der Prozesskammer 7 führende Düsenöffnungen 13. Die Elektrode 9 und die Gegenelektrode 10 sind mit regelmäßig angeordneten durchgehenden Öffnungen 11, 14 versehen. Nicht gezeigt sind seitliche Wandungen der Prozesskammer 7 und Zuführleitungen wie z.B. Elektro- oder Gasleitungen.



In den Öffnungen 11 der Elektrode 9 ist jeweils ein Dichtring 1 angebracht. Dabei wird die äußere Mantelfläche 3 des Dichtrings 1 von der Berandung der Öffnung 11 umgriffen. Oberhalb jeder Öffnung 11 der Elektrode 9 ist in der Gasdusche 8 eine Düsenöffnung 13 vorhanden, es ist aber auch eine Anordnung mit unterschiedlicher Anzahl von Gasdüsen 12 und Öffnungen 11 in der Elektrode 9 möglich. Die jeweilige Gasdüse 12 kann das Gas gezielt oder diffus über die zu beschichtenden Oberflächen führen. Die Gasströmung kann auch über Gasleitbleche (nicht gezeigt) oder dergleichen beeinflusst werden.

In der Prozesskammer 7 sind mehrere schraffierte Bereiche 16 angedeutet, die ein ausgebildetes Plasma 17 in der Prozesskammer 7 symbolisieren sollen. Der Plasmabereich 16 erstreckt sich beidseitig der Elektrode 9 zwischen Gegenelektrode 10 und der Gasdusche 8. Das Plasma 17 ist auch im Durchgang 2 des Dichtrings 1 ausgebildet, womit sich ein zusammenhängender Plasmabereich 16 mit einer Einschnürung im Bereich des Durchgangs 2 des Dichtrings 1 ergibt. Beidseitig der Einschnürung erweitert sich das Plasma 17 räumlich. Das Plasma 17 ist im eingeschnürten Bereich vergleichsweise intensiv, wodurch auf der inneren Mantelfläche 4 des Dichtrings 1 vorteilhafterweise eine besonders hochwertige Schutzschicht aufbringbar ist, die in der Regel von besonderer Funktionalität sein muss. Auf beiden Seiten direkt an der Elektrode 9 zwischen den daran positionierten Dichtringen 1 sind hell gezeigte Bereiche 18, die vom Plasma 17 nicht oder nur sehr eingeschränkt erfasst werden. Die schematische Darstellung des Plasmabereichs 16 kann die wirkliche Ausbildung des Plasmas 17 nur vereinfachend darstellen.

Mögliche Strömungsrichtungen eines in die Kammer der Gasdusche 8 und in die Prozesskammer 7 zu- und abgeführten Prozessgases sind mit Pfeilen P schematisch dargestellt.

Prinzipiell hängt der sich in der Prozesskammer 7 einstellende Druck vom Gasvolumenstrom in die bzw. aus der Prozesskammer 7 ab, d.h. zum Beispiel von der Leistung einer angeschlossenen Vakuumpumpe.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand einer Mehrzahl der zu beschichtenden Dichtringen 1 in einer Einkammeranlage gemäß Fig. 2 beschrieben. Die Vorrichtung ist nach dem gleichen Prinzip auch auf die Beschichtung nur eines Dichtringes 1 oder auf andere Gegenstände aus elastomerem Material anwendbar.

Es wird eine vereinfachte Vorrichtung im Fall von relativ kurzen Beschichtungszeiten von unter einer Minute und von Vorbehandlung mit Luft beschrieben. Die Taktzeit des gesamten Vorgangs beträgt unter 3 Minuten, wovon bis zu 2 Minuten auf Pumpzeiten entfallen.

Zunächst werden die Dichtringe 1 auf die bzw. in der Elektrode 9 bevorzugt waagerecht positioniert. Zum Transport durch die Prozesskammer 7 können die Dichtringe auf Warenträgern (nicht dargestellt) aufgenommen werden. Bei unterschiedlichen Dichtring-Geometrien können speziell angepasste Warenträger eingesetzt werden. Die Seiten-Abmessungen der Warenträger liegen je nach maximaler Chargengröße und Größe der zu beschichtenden Gegenstände z.B. zwischen einigen 10 cm x 10 cm und größer 1 m x 1 m.

Nach der Einschleusung des Warenträgers wird das Restgas, z.B. Luft, bis zum Vorbehandlungsdruck von 0,5 bar aus der Prozesskammer 7 abgepumpt. Für die Vorbehandlung wird die Elektrode 9 nun bis zu einer Minute mit hochfrequenter Wechselspannung vorzugsweise mit 4 MHz, 13,56 MHz, 27,17 oder 40,68 MHz, ansonsten im Frequenzbereich von 10 kHz bis zu 100 MHz oder mit gepulster Gleichspannung beaufschlagt. Die

einzukoppelnde Leistung ist abhängig von der Elektrodenfläche und beträgt zwischen ca. 1 - 100 Watt pro  $\text{cm}^2$ .

Anschließend wird die Prozesskammer 7 weiter auf bis zu 0,1 mbar Restgasdruck evakuiert. Nun wird das Reaktivgas, z.B. Acetylen oder Methan eingespeist, bis der Prozessdruck von bis zu ca. 1,5 mbar erreicht wird. Für das eigentliche Beschichten wird die Spannungsversorgung während ca. einer Minute eingeschaltet. Abschließend wird die Gaszuführung beendet und das Restgas evakuiert. Als Prozess- bzw. Reaktivgas dient neben anderen z.B. Acetylen, Methan oder ein Acetylen-Methan-Gemisch.

Die Vorbehandlung im ersten Prozessschritt ermöglicht eine gute Anbindung, d.h. Haftung der Verschleißschuttschicht auf dem elastomeren Material bzw. Gummi. Für eine sichere Funktion der Schutzschicht ist eine gute Haftung dieser auf dem elastomeren Material entscheidend. Ohne geeignete Vorbehandlung löst sich eine schlecht haftende Schicht z.B. nach wenigen Hubbewegungen eines Kolbens von dem Elastomer und schützt nur noch uneffizient gegen Verschleiß. Die notwendige Vorbehandlungszeit beträgt im Allgemeinen einige Sekunden bis einige Minuten je nach Elastomer und Schichtart. Die Beschichtungszeit hängt von der gewünschten Schichtdicke bzw. -härte ab. Bei längeren Beschichtungszeiten kann es vorteilhaft sein, die Beschichtung zu unterbrechen und in mehrere aufeinanderfolgende Prozessschritte zu unterteilen. So kann z.B. die thermische Belastung des zu beschichtenden Gegenstandes in tolerierbaren Grenzen gehalten werden.

Eine alternative erfindungsgemäße Vorrichtung kann auch aus mehreren Batchkammern bestehen, die linear oder kreisförmig angeordnet sein können. Eine solche Mehrkammeranlage umfasst:

- a) Eine Kammer zum Einschleusen, in welche der mit den zu beschichtenden Gegenständen chargierte Warenträger bei

Atmosphärendruck eingebracht wird. Anschließend wird die Kammer evakuiert.

- b) Eine Kammer für einen ersten Prozessschritt, d.h. für die Vorbehandlung.
- c) Eine oder mehrere Kammern für einen zweiten Prozessschritt, d.h. für die Beschichtung. Die Anzahl der Kammern kann je nach Dauer der gesamten Beschichtung und/oder gewünschten Taktzeit variieren.
- d) Eine Kammer zum Ausschleusen, in welcher der Warenträger mit den Gegenständen vom Vakuum zur Atmosphäre gebracht wird.

Der Warenträger wird durch bekannte Transportmechanismen von einer Kammer zur nächsten Kammer bewegt.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann durch folgende Varianten vereinfacht werden:

- Der Warenträger wird in der gleichen Kammer ein- und ausgeschleust.
- Die Vorbehandlung kann in Luft in der Ein- und Ausschleuskammer erfolgen.
- Die Vorbehandlung und die Beschichtung wird in einer Kammer (Fig. 2) durchgeführt.

In Figur 3 ist ein Ausschnitt einer Pumpe, z.B. für ABS, ESP oder ASR, mit einem Pumpenkolben 20 und mit den Pumpenkolben 20 dichtenden Bauteilen gezeigt. Die Rotationsbewegung eines Antriebs (nicht dargestellt) wird über einen Exzenter 21 auf den Pumpenkolben 20 in eine Hubbewegung des Pumpenkolbens 20 zur Druckerzeugung übertragen. Dabei tritt z.B. an einer Lagerstelle L zwischen dem Exzenter 21 und dem Pumpenkolben 20 Verschleiß auf, der auch abhängig von der Temperatur und der Relativbewegung der Reibpartnern ist. Bei der Pumpenkolbenbewegung kann außerdem insbesondere zwischen dem Pumpenkolben 20 und einem Dichtring 22 bzw. zwischen dem Pumpenkolben 20 und einem Führungsring 23 eine

Verschleißbelastung auftreten. Der Pumpenkolben 20 ist insbesondere an besonders hoch verschleißbelasteten Teilen seiner äußeren Oberfläche mit einer geschlossenen Beschichtung mit außen liegender Funktionsschicht 24 versehen, z.B. auf einer Außenoberfläche 25 mit einer Stirnseite 26, er kann jedoch auch vollständig auf seiner gesamten äußeren Oberfläche insbesondere erfindungsgemäß beschichtet sein.

Durch eine erfindungsgemäße Funktionsschicht 24 auf dem Pumpenkolben 20 können ggf. auch vergleichsweise kostengünstigere Materialpaarungen im Pumpenaufbau zum Einsatz kommen. Beispielsweise kann auf den üblicherweise vorzusehenden Führungsring 23 der Pumpenkolbenführung, der in der Regel aus einem Sondermaterial gefertigt ist, ganz verzichtet werden. Dies ist insbesondere dann möglich, wenn die Funktion des Führungsrings 23 durch einen am Pumpenkolben 20 anliegenden Abschnitt eines Pumpengehäuses 27 erfüllt wird. Mit erfindungsgemäß beschichteten Pumpenkolben 20, Dichtringen 22 bzw. Führungsringen 23 und dgl. können insbesondere gesteigerte Anforderungen an diese Bauteile besonders hinsichtlich einer höheren Lebensdauer bzw. Oberflächenhaltbarkeit in ABS-, ESP- bzw. ASR-Systemen erfüllt werden.

Der an den beschichteten Pumpenkomponenten, insbesondere dem Pumpenkolben 20 ausgebildete Schichtaufbau, kann z.B. aus PVD- (physical vapor deposition), CVD- (chemical vapor deposition) bzw. PECVD- (plasma enhanced chemical vapor deposition) Schichten bestehen.

In der Regel wird der Schichtaufbau am Pumpenkolben 20 aus drei Schichten bestehen. Die Schichten zeigen beispielsweise folgenden Aufbau: eine Haftschrift, z.B. im Wesentlichen aus Chrom bzw. Silizium, auf dem Grundkörper 20a des Pumpenkolbens 20, anschließend eine oder mehrerer Zwischenschicht(en), z.B. mit einer oder mehrerer der

Komponenten Chrom, Wolfram, Silizium bzw. Kohlenstoff und als dritte und äußerste Schicht z.B. eine metallfreie Funktionsschicht 24 aus z.B. DLC bzw. eine metallhaltige Funktionsschicht mit iC Wolfram-Carbid.

Die entsprechenden Schichtspezifikationen weisen beispielhaft eine Schichtdicke der drei Schichten von zusammen ca. 0,5 bis 4  $\mu\text{m}$  bei einer Mikrohärtigkeit von etwa 4 bis 40 GPa (nach DIN 50359-1) auf. Der Reibungskoeffizient der Funktionsschicht beträgt ca. 0,05 bis 0,3 (trocken) (nach DIN 50324, Ausgabe 1992.07).

Ansprüche:

1. Pumpenkolben (20) und/oder den Pumpenkolben (20) dichtende Elemente (22), dadurch gekennzeichnet, dass eine Beschichtung (24) des Kolbens (20) und/oder der dichtenden Elemente (22) zumindest überwiegend aus halogen-, silizium-, kohlenstoffhaltigen und/oder metallorganischen Monomeren vorgesehen ist.
2. Pumpenkolben (20) und/oder den Pumpenkolben (20) dichtende Elemente (22) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung zumindest überwiegend aus DLC (Diamond Like Carbon) besteht.
3. Dichtring (1, 22) aus elastomerem Material mit einer zusätzlich aufgetragenen Beschichtung des Dichtrings (1), dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung zumindest überwiegend aus halogen-, silizium-, kohlenstoffhaltigen und/oder metallorganischen Monomeren gebildet ist.
4. Dichtring (1, 22) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung zumindest überwiegend aus DLC (Diamond Like Carbon) besteht.
5. Vorrichtung zum Beschichten eines Gegenstandes (1, 22) aus elastomerem Material unter Nutzung eines Plasmas (18), mit einer evakuierbaren Prozesskammer (7), die eine Elektrode (9), an der zu beschichtende Gegenstände (1, 22) positionierbar sind, und mindestens eine Gegenelektrode (10) umfasst, wobei zwischen Elektrode (9) und Gegenelektrode (10) das Plasma (17) ausgebildet werden kann, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (9) in Bezug auf einen zu beschichtenden Gegenstand (1, 22) eine Oberflächengeometrie derart aufweist, dass eine Plasmaverteilung (16) unmittelbar

an dem zu beschichtenden Gegenstand (1, 22) entsteht, so dass eine bedeutende Beschichtung auch an der Gegenelektrode (10) nicht zugewandten Oberflächenbereichen (3, 4, 5, 6) des Gegenstandes (1, 22) erfolgt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (9) wenigstens eine auf einen zu beschichtenden Gegenstand (1, 22) abgestimmte Ausnehmung aufweist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (9) eine auf einen zu beschichtenden Gegenstand (1, 22) abgestimmte durchgehende Öffnung (11) aufweist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (9) zumindest eine durchgehende Öffnung (11) besitzt und die Prozesskammer (7) derart ausgebildet ist, dass im Bereich der wenigstens einen durchgehenden Öffnung (11) das Plasma (17) auf beiden Seiten der Elektrode (9) ausgebildet werden kann.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Elektrode (9) und/oder die zumindest eine durchgehende Öffnung (11) der Elektrode (9) so ausgestaltet ist, dass das Plasma (17) sich über nicht nur unwesentliche Bereiche der Tiefe der zumindest einen durchgehenden Öffnung (11) erstrecken kann.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Elektrode (9) und/oder die Abmessung der zumindest einen durchgehenden Öffnung (11) der Elektrode (9) so ausgestaltet ist, dass das Plasma (17) sich über die gesamte Tiefe der zumindest einen durchgehenden Öffnung (11) erstrecken kann.



11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (9) eine Mehrzahl vorzugsweise regelmäßig angeordneter und auf zu beschichtende Gegenstände (1, 22) abgestimmte Ausnehmungen und/oder durchgehende Öffnungen (11) aufweist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung als Ein- oder Mehrkammeranlage ausgebildet ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass diese auf einen Dichtring (1, 22) als zu beschichtenden Gegenstand abgestimmt ist.

14. Verfahren zum Beschichten eines Gegenstandes (1, 22) aus elastomerem Material unter Nutzung eines Plasmas (17), der zur Beschichtung an einer Elektrode (9) in einer evakuierbaren Prozesskammer (7) positioniert wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (9) wenigstens eine Ausnehmung und/oder durchgehende Öffnung (11) besitzt und der zu beschichtende Gegenstand (1, 22) so angeordnet wird, dass der Gegenstand (1, 22) zumindest teilweise in die durchgehende Öffnung (11) und/oder Ausnehmung hineinragt.

15. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (9) mit einer Vorspannung beaufschlagt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorspannung Wechselspannung, insbesondere mit einer Frequenz zwischen 4 und 40 MHz, oder gepulste Gleichspannung ist.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Beschichten der zu beschichtende Gegenstand (1) unter Nutzung eines Plasmas (17) einer Oberflächenreinigung und/oder -aktivierung unterzogen wird.

18. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenreinigung und/oder -aktivierung mit Edelgasen, insbesondere Argon, Luft und/oder Mischungen dieser Gase mit Sauerstoff erfolgt.

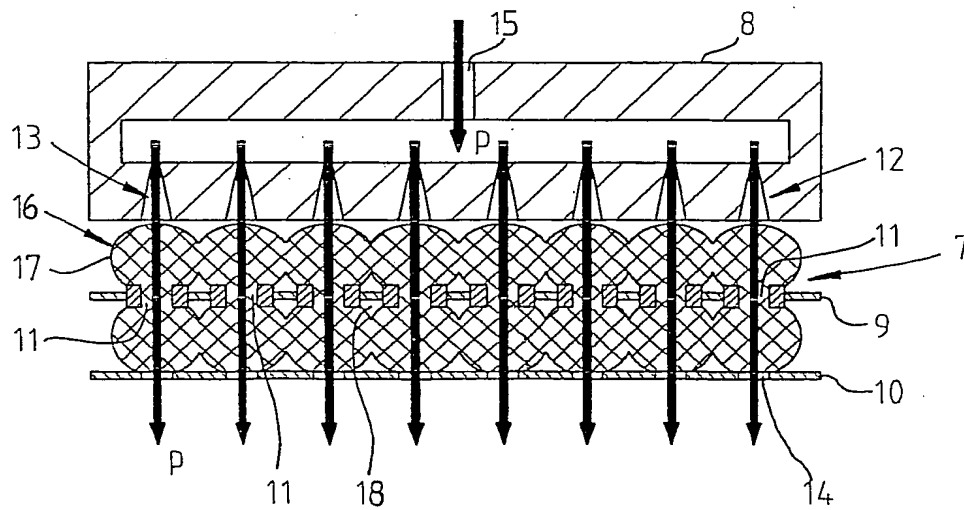
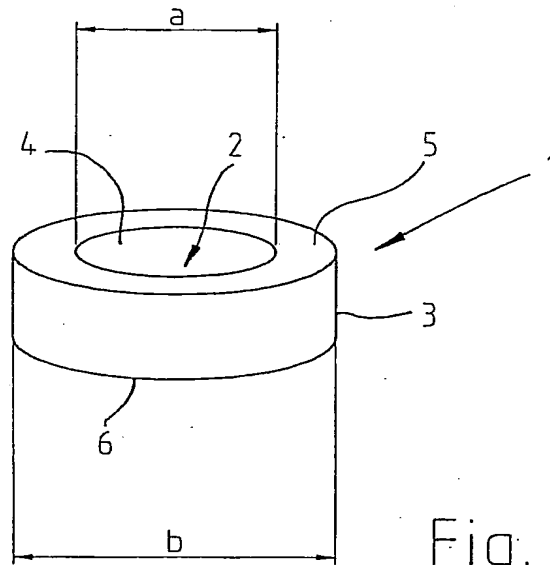
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass zum Beschichten Acetylen, Methan und/oder Mischungen daraus mit Edelgasen als Prozessgas verwendet werden.

Zusammenfassung:

Es wird ein Pumpenkolben (20) und/oder den Pumpenkolben (20) dichtende Elemente (22), insbesondere ein Dichtring (22) aus elastomerem Material mit einer zusätzlich aufgetragenen Beschichtung vorgeschlagen. Zur Verbesserung der Haltbarkeitseigenschaften weist der Pumpenkolben (20) und/oder die den Pumpenkolben (20) dichtende Elemente (22) eine Beschichtung (24) auf, die zumindest überwiegend aus halogen-, silizium-, kohlenstoffhaltigen und/oder metallorganischen Monomeren gebildet ist.

Außerdem wird eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Beschichten eines Gegenstandes (22) aus elastomerem Material unter Nutzung eines Plasmas vorgeschlagen.

1/2



2/2

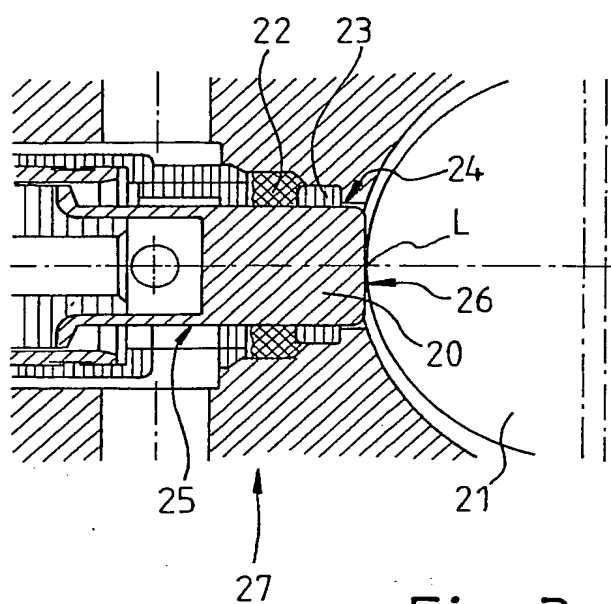


Fig. 3



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 14 984.8

**Anmeldetag:** 02. April 2003

**Anmelder/Inhaber:** Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Dichtring aus elastomerem Material sowie Vorrichtung und Verfahren zum Beschichten eines Gegenstandes aus elastomerem Material

**IPC:** F 16 J, C 23 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 23. März 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

"Dichtring aus elastomerem Material sowie Vorrichtung und Verfahren zum Beschichten eines Gegenstandes aus elastomerem Material"

Die Erfindung betrifft einen Dichtring nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Beschichten eines Gegenstandes unter Nutzung eines Plasmas nach dem Oberbegriff des Anspruchs 3 bzw. 12.

Stand der Technik:

Körper aus elastomeren Materialien, z.B. Dichtringe, werden in vielfältigen Einsatzgebieten der Technik verwendet, beispielsweise in Dichtsystemen für Kolbenabdichtungen der modernen Fahrzeugtechnik.

Hier seien beispielhaft die Sicherheits-Technologien wie ABS (Anti-Blockier-System), ESP (Elektronisches-Stabilisierungsprogramm), EHB (Elektrohydraulische-Bremse) oder ASR (Anti-Schlupf-Regelung) genannt. Ein typisches Material für Dichtringe ist EPDM (Terpolymere aus Ethylen, Propylen und einem Dien mit einem ungesättigten Teil des Dien in der Seitenkette).

Bislang kommen neben unbeschichteten auch gleitlackbeschichtete Dichtringe, teils mit Zusatzschmierung zum Einsatz, um eine möglichst hohe Verschleißbeständigkeit zu gewährleisten.

Bei herkömmlich eingebauten Teilen in Pumpenkolben für die oben genannten Anwendungen ist der Verschleiß für eine übliche Lebensdauer von ca. 80 Stunden ausreichend gering. Aufgrund von multiplen Anwendungseinsätzen wird ein Anstieg der benötigten Lebensdauer auf etwa 150 bis 400 Stunden, z.B. bei Enhanced-ESP bzw. EHB erwartet. Die Erhöhung der Belastungsdauer kann mit den bisherig verwendeten Dichtsystemen durch den Verschleiß der Dichtringe zu einer Leckage von Bremsflüssigkeit und damit zu einem Versagen des Gesamtsystems führen.

Die bisherigen Maßnahmen zur Oberflächenvergütung von Dichtringen aus Elastomeren, z.B. Sprüh- oder Tauchbeschichtung mit einer Lackschicht sind nicht oder nur sehr eingeschränkt für die genannten erhöhten Anforderungen ausreichend.

#### Aufgabe und Vorteile der Erfindung:

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, elastomere Körper, insbesondere Dichtringe, auf rationelle und kostengünstige Weise mit einer Beschichtung zu versehen, die eine vergleichsweise bessere Verschleißbeständigkeit besitzt.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Ansprüche 1, 3 und 12 gelöst.

Die Erfindung geht zunächst von einem Dichtring aus elastomerem Material aus, der mit einer zusätzlich aufgetragenen Beschichtung ausgestattet ist. Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung liegt nun darin, dass die Beschichtung zumindest überwiegend aus den Ausgangsstoffen in Form von halogen-, silizium-, kohlenstoffhaltigen und/oder metallorganischen Monomeren gebildet ist. Vorzugsweise ist die Beschichtung vollständig aus den genannten



Ausgangsstoffen gebildet. Die Monomere sind relativ niedermolekulare und vernetzbare Stoffe, die sich besonders eignen, eine äußerst gut mit dem Elastomer, d.h. auch chemisch gebundene, stabile, dauerhafte und je nach Monomer mit spezifisch ausgestatteten Eigenschaften versehene Schutzschicht zu bilden. Das elastomere Material des Dichtrings ist typischerweise EPDM, wobei auch andere Materialien wie z.B. verschiedene Kautschukvarianten bzw. Viton oder Turcun geeignet sind.

Durch den Dichtring mit erfindungsgemäßer Beschichtung wird ein Grundkörper aus einem Elastomer bereitgestellt, der eine hohe Oberflächengüte, d.h. insbesondere eine vergleichsweise hohe Abriebfestigkeit bzw. Härte und einen reduzierten Reibwert besitzt. Mit diesen Eigenschaften kann der Dichtring z.B. für Anwendungen in Pumpkolben mit einer Normallebensdauer von über 150 bis zu 400 Betriebsstunden eingesetzt werden. Außerdem werden mit einem erfindungsgemäß beschichteten Dichtring verbesserte Montageeigenschaften erhalten.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich durch einen Dichtring mit einer Beschichtung aus zumindest überwiegend DLC (Diamond Like Carbon) aus. DLC ist eine Kohlenstoffschicht, die besonders widerstandsfähig und reibarm ist.

Unter Dichtringen sind alle bekannten und in der Praxis üblichen Dichtringe aus elastomerem Material zu verstehen. Insbesondere sind darunter auch sogenannte Quadringe bzw. X-Ringe zu verstehen.

Die Beschichtung des Gegenstandes wird bevorzugt in einem Plasma vorgenommen. Die Aufgabe wird dementsprechend außerdem ausgehend von einer Vorrichtung zum Beschichten eines Gegenstandes aus elastomerem Material, die eine evakuierbare

Prozesskammer umfasst, welche eine Elektrode, an der zu beschichtende Gegenstände positionierbar sind und mindestens eine Gegenelektrode aufweist, wobei zwischen Elektrode und Gegenelektrode ein Plasma ausgebildet werden kann, dadurch gelöst, dass die Elektrode in Bezug auf einen zu beschichtenden Gegenstand eine vorgegebene Oberflächengeometrie aufweist, so dass unmittelbar an dem zu beschichtenden Gegenstand eine Plasmaverteilung entsteht, durch die eine bedeutende Beschichtung, vorzugsweise eine weitgehend gleichmäßige Beschichtung des Gegenstandes auch an den, der Gegenelektrode nicht zugewandten Oberflächenbereichen erfolgt. Durch diese Vorrichtung ist es möglich, z.B. Dichtringe kostengünstig und in hoher Stückzahl mit einer Schutzschicht zu versehen, welche ein verbessertes Reibverhalten und eine höhere Abriebfestigkeit besitzen. Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, dass in einem Beschichtungsvorgang die Beschichtung der maßgeblichen Oberflächen, insbesondere auch solcher Oberflächen möglich ist, die nicht unmittelbar in den Plasmaraum zwischen Elektrode und Gegenelektrode zeigen.

Wird ein zu beschichtender Gegenstand betrachtet, der beispielsweise im Schnitt senkrecht zur Elektrodenoberfläche rund ist und der auf einer ebenen nicht erfindungsgemäß gestalteten Elektrode aufliegt, erfährt der zur Gegenelektrode gerichtete obere halbkreisförmige Rand des Querschnitts eine vergleichsweise intensive Beschichtung, da hierauf das Plasma ungehindert einwirken kann. Der zur Elektrode gerichtete untere halbkreisförmige Rand des Querschnitts wird demgegenüber vergleichsweise weniger ausgeprägt beschichtet. Denn die der Elektrode zugewandten Oberflächenbereiche liegen in einer Art Plasmaschatten. Das Plasma ist im Plasmaschatten weniger intensiv ausgebildet und führt somit zu einer weniger gut ausgebildeten Schutzschicht am unteren halbkreisförmigen Rand des Gegenstandes bzw. auf

entsprechenden Oberflächenbereichen, die im Plasmaschatten liegen.

Bei einer Beschichtung mit nicht erfindungsgemäß ausgebildeter Elektrode sind deshalb vergleichsweise aufwändige mehrstufige und z.B. zeitlich getrennte Beschichtungsvorgänge notwendig, bei denen der Körper gedreht werden muss, wenn alle bzw. die ausschlaggebenden Oberflächenbereiche hochwertig beschichtet sein sollen. Durch die erfindungsgemäße Oberflächengeometrie der Elektrode kann dagegen das Plasma auch an die Oberflächenbereiche des Gegenstandes heranreichen, die nicht der Gegenelektrode zugewandt sind. Im Ergebnis können diese Oberflächen auch mit einer hochwertigen Beschichtung versehen werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung, weist die Elektrode wenigstens eine auf den zu beschichtenden Gegenstand abgestimmte Ausnehmung auf. Die Oberflächengeometrie der Elektrode kann in einer Weise an zu beschichtende Gegenstände angepasst werden, dass insbesondere durch z.B. einen günstigen Feldlinienverlauf im Plasma an den Gegenständen genügend Reaktanten im Plasma auch die Oberflächenbereiche des Gegenstandes erreichen, die nicht unmittelbar in den Plasmaraum zwischen Elektrode und Gegenelektrode schauen. Um die genannten Effekte zu erzielen, kann statt der Ausnehmung auch eine auf den zu beschichtenden Gegenstand abgestimmte Erhöhung an der Elektrode ausgebildet sein.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung zeichnet sich durch wenigstens eine auf den Gegenstand abgestimmte durchgehende Öffnung in der Elektrode aus. Das Plasma kann sich in die Öffnung erstrecken und den vom Plasma erfüllten Raum dadurch erweitern. Damit kann das Plasma auch Oberflächenbereiche des zu beschichtenden Gegenstandes, die der Gegenelektrode nicht direkt zugewandt sind, besser

erreichen. Eine weitere Verbesserung der Beschichtung kann dadurch erreicht werden, dass das Prozessgas unmittelbar durch die Öffnung in der Elektrode hindurchströmen kann und so die Reaktantendichte an den zu beschichtenden Oberflächen erhöht wird.

Gemäß einer außerdem bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung, besitzt die Elektrode zumindest eine durchgehende Öffnung und die Prozesskammer ist derart ausgebildet, dass im Bereich der wenigstens einen durchgehenden Öffnung das Plasma auf beiden Seiten der Elektrode ausgebildet werden kann.

Es kann eine Elektrode effektiver zur Beschichtung von Gegenständen genutzt werden, wenn beispielsweise an einer zwischen zwei Gegenelektroden angeordneten flachen plattenförmigen Elektrode auf beiden Seiten auf der Elektrodenoberfläche zu beschichtende Gegenstände positioniert werden. Hierbei sei vorausgesetzt, dass das Plasma von beiden Seiten in die Öffnung eingreift, um die oben beschriebenen Vorteile zu erreichen.

Eine vorteilhafte Ausbildung des Erfindungsgegenstandes sieht vor, dass die Dicke der Elektrode und/oder die zumindest eine durchgehende Öffnung der Elektrode so ausgestaltet sind, dass das Plasma sich über nicht nur unwesentliche Bereiche der Tiefe der zumindest einen durchgehenden Öffnung erstrecken kann. Durch das so in der Öffnung ausgebildete Plasma werden Oberflächenbereiche des zu beschichtenden Gegenstandes, die in die Öffnung hineinreichen, besser von dem Plasma erreicht. Damit das Plasma in die Öffnung hineinreichen kann, kommt es darauf an, dass die Dicke der Elektrode und/oder die durchgehende Öffnung eine entsprechende Dimensionierung aufweist. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Elektrode genügend dünn bzw. die Öffnung ausreichend groß ist. Dieser Effekt kann auch bei vergleichsweise kleineren Öffnungen

erzielt werden, wenn Elektroden mit entsprechend kleinerer Dicke zum Einsatz kommen. Die Elektrodenstärke liegt vorteilhafterweise beispielsweise bei ca. 0,1 bis 2 mm und die zu beschichtenden Gegenstände weisen Profildurchmesser von wenigen Millimetern auf, z.B. 1 bis 5 mm, womit der Durchmesser der Öffnung ebenfalls in dieser Größenordnung liegen kann.

In einer speziellen Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Dicke der Elektrode und/oder die durchgehende Öffnung der Elektrode so ausgestaltet, dass das Plasma sich über die gesamte Tiefe der zumindest einen durchgehenden Öffnung erstrecken kann. Ein durchgehendes Plasma wird insbesondere bei beidseitig der Elektrode brennendem Plasma erhalten. Dabei können sich in der Öffnung durch den dort sich einstellenden Plasmaverlauf vergleichsweise hohe Intensitäten ergeben. Plasma mit höherer Intensität wirkt sich im Vergleich zu Plasma mit niedrigerer Intensität positiv, d.h. steigernd z.B. auf die erreichbare Beschichtungsrate aus. Es können somit relativ hohe Beschichtungsraten erzielt werden, d.h. zum Beispiel Hochrate-Beschichtungsverfahren mit über 0,5 bis 100  $\mu\text{m}/\text{h}$ , insbesondere aber bis zu 20 bis 100  $\mu\text{m}/\text{h}$ . Mit diesen hohen Beschichtungsraten sind vergleichsweise kurze Beschichtungszeiten möglich, z.B. in Bereichen von wenigen Sekunden bis einigen Minuten, typischerweise kleiner einer Minute. Durch diese relativ kurzen Beschichtungszeiten kann die thermische Belastung des zu beschichtenden Gegenstandes im Plasma in der Regel in einem nicht kritischen Bereich gehalten werden. Beispielsweise erreichen Gegenstände aus elastomerem Material, die mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung beschichtet werden, nur Temperaturen von unter ca. 150 °C. Diese Temperaturen sind in der Regel für die betrachteten elastomeren Materialien für die relativ kurze Beschichtungsdauer unkritisch.

Gemäß einer besonderen Ausführungsform des Erfindungsgegenstandes sind in der Elektrode eine Mehrzahl regelmäßig angeordneter und auf zu beschichtende Gegenstände abgestimmte Ausnehmungen und/oder durchgehende Öffnungen vorgesehen. Dadurch können eine Vielzahl von Gegenständen gleichzeitig beschichtet werden. Zum Beispiel lassen sich in gängigen Beschichtungsanlagen und bei Abmessungen der Gegenstände von wenigen Millimetern bis zu über 1000 Gegenstände an der Elektrode positionieren und gleichzeitig beschichten. Die Elektrode kann z.B. in der Art eines Lochsiebs oder eines Netzes ausgeformt sein. Es können an allen oder nur an einem Teil der durchgehenden Öffnungen die zu beschichtenden Gegenstände positioniert werden.

Eine zweckmäßige Ausgestaltung des Erfindungsgegenstandes sieht vor, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung als Ein- oder Mehrkammeranlage ausgebildet ist. Damit lassen sich relativ kurze Chargen-Taktzeiten erzielen.

Im Weiteren ist es besonders vorteilhaft, wenn die Elektrode mit einer Wechselspannung oder gepulster Gleichspannung und/oder einem negativen oder positiven Bias (Vorspannung) beaufschlagt werden kann. Beispielsweise sind Mittel vorgesehen, um von außen eine Vorspannung vorgeben zu können. Hierdurch kann der Beschichtungsvorgang beeinflusst werden.

Eine vorteilhaften erfindungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass diese auf einen Dichtring als zu beschichtenden Gegenstand abgestimmt ist.

Die Aufgabe wird außerdem ausgehend von einem Verfahren zum Beschichten eines Gegenstandes aus elastomerem Material unter Nutzung eines Plasmas, bei welchem der Gegenstand zur Beschichtung an einer Elektrode in einer evakuierbaren Prozesskammer positioniert wird, dadurch gelöst, dass die Elektrode wenigstens eine Ausnehmung und/oder durchgehende

Öffnung besitzt und der zu beschichtende Gegenstand so angeordnet wird, dass der Gegenstand zumindest teilweise in die durchgehende Öffnung und/oder Ausnehmung hineinragt. Der Gegenstand kann aber auch vollständig insbesondere in der Öffnung positioniert werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, dass eine bedeutende Beschichtung auch an der der Gegenelektrode nicht zugewandten Oberflächenbereichen stattfindet. Dabei können vergleichsweise hohe Beschichtungsraten erzielt und kostengünstig hohe Stückzahlen beschichtet werden.

Besonders vorteilhaft ist das vorgeschlagene Verfahren für einen Dichtring mit einem Durchgang, in der Regel eine Rundöffnung. Denn der Dichtring kann an funktional wichtigen Oberflächengeometrien in einem einzigen Prozess beschichtet werden, da das Plasma insbesondere auch im Dichtringloch, so ausgebildet wird, dass auch dort eine bedeutende Beschichtung stattfindet.

Das Dichtringloch wird an einem auf den Dichtring abgestimmtes Loch der Elektrode derart positioniert, dass der Dichtring in radialer Richtung betrachtet in einem nur schmalen Kreisringbereich die Elektrode überlappt und sonst nach innen im Loch übersteht. Nur ein relativ kleinflächiger Oberflächenbereich des Dichtrings ist damit für die Beschichtung nicht zugänglich, da er auf der Elektrode aufliegt. Dieser Bereich des Dichtrings ist aber in vielen Fällen, z.B. bei Kolbenabdichtungen, im Hinblick auf Oberflächenbeanspruchung bzw. Funktion von untergeordneter Bedeutung. In diesem Bereich sind deshalb keine hohen Anforderungen hinsichtlich der Beschichtung gestellt, in Einzelfällen können sie auch unbeschichtet bleiben.

Auf die übrigen Oberflächenbereiche des Dichtrings, insbesondere auf die zylindrische Mantelfläche des

Dichtringlochs findet jedoch ein ausreichendes Beschichten statt. Meist muss gerade die Dichtringinnenfläche hinsichtlich der Beschichtung erhöhten Anforderungen genügen.

Wird z.B. ein sogenannter Quadring mit konkav ausgeformten Oberflächen mit vier ringförmig geschlossenen Dichtlippen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren beschichtet, kann dieser besonders vorteilhaft im Bereich eines Lochs der Elektrode positioniert werden. Dabei kann der Quadring in das Loch der Elektrode eingebracht und selbstklemmend daran befestigt werden. Dies ist möglich, wenn der elastische Dichtring im Bereich seiner umfänglichen Außenoberfläche einen Außendurchmesser aufweist, der geringfügig größer als bzw. nahezu so groß wie der Durchmesser des Elektrodenlochs ist. Vorteilhafterweise besitzt ein Quadring eine Reihe unterschiedlicher Außendurchmesser, da er konkav geformte Außenwandungen hat. Zum Beschichten wird der Quadring berührend im Elektrodenloch umgriffen und festgehalten. Diese besonders vorteilhafte Anordnung ermöglicht eine fast vollständige gleichzeitige Beschichtung der Oberflächenbereiche des Quadrings. Lediglich der Oberflächenbereich, der von der Elektrode berührend umgriffen wird, kann nicht beschichtet werden. Dies ist ein hinsichtlich der Beschichtung zweitrangiger und bei entsprechend dünnen Elektroden relativ kleiner Bereich.

Für ein vorteilhaftes erfindungsgemäßes Verfahren wird eine Wechselspannung mit einer negativen Bias-Vorspannung oder eine gepulste Gleichspannung an der Elektrode angelegt. Ein Bias kann dabei durch das in der Prozesskammer erzeugte Plasma an der Elektrode entstehen, der sogenannte Selfbias, oder eine Vorspannung kann durch eine von außen an der Elektrode angelegte Spannung erzeugt werden. Ein von außen angelegter Bias hat den Vorteil, dass er einstellbar ist und ein gleichbleibendes Potential aufweist.



Der im Plasma gebildete Selfbias hängt von verschiedenen Faktoren ab, im Wesentlichen von der eingekoppelten Leistung, vom Gesamtdruck in der Prozesskammer und von den Flächenverhältnissen zwischen Elektrode und Gegenelektrode und/oder Prozesskammerwand. Bei Verwendung einer gitterartigen Elektrode kann die mit dem Plasma in Kontakt stehende Fläche der Elektrode relativ leicht eingestellt werden, z.B. durch die Anzahl, Größe und Ausformung der Öffnungen. Je nach Oberfläche der Gitterelektrode stellt sich bei sonst gleichen Bedingungen eine andere Selfbias-Spannung ein.

Im Fall eines negativen Potentials aufgrund einer negativen Vorspannung setzt sich dieses durch das elastomere Material des zu beschichtenden Gegenstandes durch und bewirkt eine Beschleunigung der sich im Plasma befindenden positiv geladenen Teilchen auf die Oberfläche des Gegenstandes. Das Einwirken dieser Teilchen bewirkt eine Kompaktierung der Schicht und so eine Erhöhung der Schichthärte. Es können dabei chemisch gebundene und besonders gut haftende Oberflächenschichten aufgebaut werden. Die Effektivität des Teilchenbeschusses hängt von der Dicke des auf der Elektrode aufliegenden Dielektrikums ab, z.B. des Elastomers. Es können durch diesen Effekt Oberflächenschichten mit Unterschieden z.B. im Gradienten der Härte oder der Schichtdicke entstehen. Für einen beschichteten Dichtring kann dies erfindungsgemäß dazu führen, dass Bereiche mit z.B. härterer und besser haftender Schicht erhalten werden.

Weiter wird vorgeschlagen, dass der zu beschichtende Gegenstand unter Nutzung eines Plasmas vorbehandelt wird. Hierbei ist insbesondere eine Vorbehandlung des Gegenstandes unmittelbar vor dem Beschichten zu verstehen. Dabei kann die gleiche erfindungsgemäße Vorrichtung genutzt werden. Die Vorbehandlung erfolgt besonders vorteilhaft mit einem Plasma unter Zuführung von Luft, Edelgasen oder mit Sauerstoff und

gegebenenfalls einer gezielten Spannungs-Beaufschlagung. Andere zur Oberflächenvorbehandlung geeignete Stoffe sind z.B. halogen-, sauerstoff- und/oder stickstoffhaltige Gase, die der Prozesskammer zugeführt werden. Die Vorbehandlung bewirkt eine Reinigung und Aktivierung der Oberfläche des elastomeren Materials, d.h. Erzeugung von freien Bindungen. Das Vorbehandlungsgas wird, wie auch das Beschichtungsgas, im Plasma angeregt und teilweise fragmentiert. Die gebildeten Radikale und/oder Ionen wirken auf die Oberfläche des elastomeren Materials derart ein, dass die Oberfläche gereinigt, z.B. durch Oxidationsvorgänge, aber auch durch ein "mechanisches Sputtern", bzw. aktiviert wird.

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend u.a. mit Hilfe der Zeichnung anhand von schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen beschrieben.

#### Ausführungsbeispiele:

Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Figur 1 zeigt einen perspektivisch dargestellten Dichtring, der in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren beschichtet werden kann.

Figur 2 zeigt einen vertikalen Schnitt durch wesentliche Teile einer Einkammeranlage zum Beschichten eines Dichtrings während des Beschichtungsvorgangs.

In Figur 1 ist ein Dichtring 1 mit zylindrischer Grundform gezeigt. Er weist einen Durchgang 2 mit einem Innendurchmesser a und eine umfängliche äußere Mantelfläche 3 mit einem Außendurchmesser b auf. Der Durchgang 2 besitzt

eine innere Mantelfläche 4. In radialer Richtung zwischen Innendurchmesser und Außendurchmesser erstrecken sich eine ringstreifenförmige obere und untere Stirnseite 5, 6.

Figur 2 zeigt eine Schnittansicht wesentlicher Teile einer erfindungsgemäßen Prozesskammer 7 mit der Elektrode 9, die zwischen einer Gegenelektrode 10 und einer Gasdusche 8 angeordnet ist. Die Gasdusche 8, die im gezeigten Beispiel ebenfalls als Gegenelektrode dient, besitzt eine Gas-Zuführung 15 und mehrere zum Innern der Prozesskammer 7 führende Düsenöffnungen 13. Die Elektrode 9 und die Gegenelektrode 10 sind mit regelmäßig angeordneten durchgehenden Öffnungen 11, 14 versehen. Nicht gezeigt sind seitliche Wandungen der Prozesskammer 7 und Zuführleitungen wie z.B. Elektro- oder Gasleitungen.

In den Öffnungen 11 der Elektrode 9 ist jeweils ein Dichtring 1 angebracht. Dabei wird die äußere Mantelfläche 3 des Dichtrings 1 von der Berandung der Öffnung 11 umgriffen. Oberhalb jeder Öffnung 11 der Elektrode 9 ist in der Gasdusche 8 eine Düsenöffnung 13 vorhanden, es ist aber auch eine Anordnung mit unterschiedlicher Anzahl von Gasdüsen 12 und Öffnungen 11 in der Elektrode 9 möglich. Die jeweilige Gasdüse 12 kann das Gas gezielt oder diffus über die zu beschichtenden Oberflächen führen. Die Gasströmung kann auch über Gasleitbleche (nicht gezeigt) oder dergleichen beeinflusst werden.

In der Prozesskammer 7 sind mehrere schraffierte Bereiche 16 angedeutet, die ein ausgebildetes Plasma 17 in der Prozesskammer 7 symbolisieren sollen. Der Plasmabereich 16 erstreckt sich beidseitig der Elektrode 9 zwischen Gegenelektrode 10 und der Gasdusche 8. Das Plasma 17 ist auch im Durchgang 2 des Dichtrings 1 ausgebildet; womit sich ein zusammenhängender Plasmabereich 16 mit einer Einschnürung im Bereich des Durchgangs 2 des Dichtrings 1 ergibt. Beidseitig

der Einschnürung erweitert sich das Plasma 17 räumlich. Das Plasma 17 ist im eingeschnürten Bereich vergleichsweise intensiv, wodurch auf der inneren Mantelfläche 4 des Dichtrings 1 vorteilhafterweise eine besonders hochwertige Schutzschicht aufbringbar ist, die in der Regel von besonderer Funktionalität sein muss. Auf beiden Seiten direkt an der Elektrode 9 zwischen den daran positionierten Dichtringen 1 sind hell gezeigte Bereiche 18, die vom Plasma 17 nicht oder nur sehr eingeschränkt erfasst werden. Die schematische Darstellung des Plasmabereichs 16 kann die wirkliche Ausbildung des Plasmas 17 nur vereinfachend darstellen.

Mögliche Strömungsrichtungen eines in die Kammer der Gasdusche 8 und in die Prozesskammer 7 zu- und abgeführten Prozessgases sind mit Pfeilen P schematisch dargestellt. Prinzipiell hängt der sich in der Prozesskammer 7 einstellende Druck vom Gasvolumenstrom in die bzw. aus der Prozesskammer 7 ab, d.h. zum Beispiel von der Leistung einer angeschlossenen Vakuumpumpe.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand einer Mehrzahl der zu beschichtenden Dichtringen 1 in einer Einkammeranlage gemäß Fig. 2 beschrieben. Die Vorrichtung ist nach dem gleichen Prinzip auch auf die Beschichtung nur eines Dichtringes 1 oder auf andere Gegenstände aus elastomerem Material anwendbar.

Es wird eine vereinfachte Vorrichtung im Fall von relativ kurzen Beschichtungszeiten von unter einer Minute und von Vorbehandlung mit Luft beschrieben. Die Taktzeit des gesamten Vorgangs beträgt unter 3 Minuten, wovon bis zu 2 Minuten auf Pumpzeiten entfallen.

Zunächst werden die Dichtringe 1 auf die bzw. in der Elektrode 9 bevorzugt waagerecht positioniert. Zum Transport

durch die Prozesskammer 7 können die Dichtringe auf Warenträgern (nicht dargestellt) aufgenommen werden. Bei unterschiedlichen Dichtring-Geometrien können speziell angepasste Warenträger eingesetzt werden. Die Seiten-Abmessungen der Warenträger liegen je nach maximaler Chargengröße und Größe der zu beschichtenden Gegenstände z.B. zwischen einigen 10 cm x 10 cm und größer 1 m x 1 m.

Nach der Einschleusung des Warenträgers wird das Restgas, z.B. Luft, bis zum Vorbehandlungsdruck von 0,5 bar aus der Prozesskammer 7 abgepumpt. Für die Vorbehandlung wird die Elektrode 9 nun bis zu einer Minute mit hochfrequenter Wechselspannung vorzugsweise mit 4 MHz, 13,56 MHz, 27,17 oder 40,68 MHz, ansonsten im Frequenzbereich von 10 kHz bis zu 100 MHz oder mit gepulster Gleichspannung beaufschlagt. Die einzukoppelnde Leistung ist abhängig von der Elektrodenfläche und beträgt zwischen ca. 1 - 100 Watt pro cm<sup>2</sup>.

Anschließend wird die Prozesskammer 7 weiter auf bis zu 0,1 mbar Restgasdruck evakuiert. Nun wird das Reaktivgas, z.B. Acetylen oder Methan eingespeist, bis der Prozessdruck von bis zu ca. 1,5 mbar erreicht wird. Für das eigentliche Beschichten wird die Spannungsversorgung während ca. einer Minute eingeschaltet. Abschließend wird die Gaszuführung beendet und das Restgas evakuiert. Als Prozess- bzw. Reaktivgas dient neben anderen z.B. Acetylen, Methan oder ein Acetylen-Methan-Gemisch.

Die Vorbehandlung im ersten Prozessschritt ermöglicht eine gute Anbindung, d.h. Haftung der Verschleißschuttschicht auf dem elastomeren Material bzw. Gummi. Für eine sichere Funktion der Schutzschicht ist eine gute Haftung dieser auf dem elastomeren Material entscheidend. Ohne geeignete Vorbehandlung löst sich eine schlecht haftende Schicht z.B. nach wenigen Hubbewegungen eines Kolbens von dem Elastomer und schützt nur noch uneffizient gegen Verschleiß. Die

notwendige Vorbehandlungszeit beträgt im Allgemeinen einige Sekunden bis einige Minuten je nach Elastomer und Schichtart. Die Beschichtungszeit hängt von der gewünschten Schichtdicke bzw. -härte ab. Bei längeren Beschichtungszeiten kann es vorteilhaft sein, die Beschichtung zu unterbrechen und in mehrere aufeinanderfolgende Prozessschritte zu unterteilen. So kann z.B. die thermische Belastung des zu beschichtenden Gegenstandes in tolerierbaren Grenzen gehalten werden.

Eine alternative erfindungsgemäße Vorrichtung kann auch aus mehreren Batchkammern bestehen, die linear oder kreisförmig angeordnet sein können. Eine solche Mehrkammeranlage umfasst:

- a) Eine Kammer zum Einschleusen, in welche der mit den zu beschichtenden Gegenständen chargierte Warenträger bei Atmosphärendruck eingebracht wird. Anschließend wird die Kammer evakuiert.
- b) Eine Kammer für einen ersten Prozessschritt, d.h. für die Vorbehandlung.
- c) Eine oder mehrere Kammern für einen zweiten Prozessschritt, d.h. für die Beschichtung. Die Anzahl der Kammern kann je nach Dauer der gesamten Beschichtung und/oder gewünschten Taktzeit variieren.
- d) Eine Kammer zum Ausschleusen, in welcher der Warenträger mit den Gegenständen vom Vakuum zur Atmosphäre gebracht wird.

Der Warenträger wird durch bekannte Transportmechanismen von einer Kammer zur nächsten Kammer bewegt.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann durch folgende Varianten vereinfacht werden:

- Der Warenträger wird in der gleichen Kammer ein- und ausgeschleust.
- Die Vorbehandlung kann in Luft in der Ein- und Ausschleuskammer erfolgen.

- Die Vorbehandlung und die Beschichtung wird in einer Kammer (Fig. 2) durchgeführt.

Bezugszeichenliste:

- 1 Dichtring
- 2 Durchgang
- 3 Mantelfläche
- 4 Mantelfläche
- 5 Stirnseite
- 6 Stirnseite
- 7 Prozesskammer
- 8 Gasdusche
- 9 Elektrode
- 10 Gegenelektrode
- 11 Öffnung
- 12 Düse
- 13 Düsenöffnung
- 14 Öffnung
- 15 Zuführung
- 16 Plasmabereich
- 17 Plasma
- 18 Bereich



Ansprüche:

1. Dichtring (1) aus elastomerem Material mit einer zusätzlich aufgetragenen Beschichtung zur Erhöhung der Oberflächengüte des Dichtrings (1), dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung zumindest überwiegend aus halogen-, silizium-, kohlenstoffhaltigen und/oder metallorganischen Monomeren gebildet ist.
2. Dichtring (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung zumindest überwiegend aus DLC (Diamond Like Carbon) besteht.
3. Vorrichtung zum Beschichten eines Gegenstandes (1) aus elastomerem Material unter Nutzung eines Plasmas (18), mit einer evakuierbaren Prozesskammer (7), die eine Elektrode (9), an der zu beschichtende Gegenstände (1) positionierbar sind, und mindestens eine Gegenelektrode (10) umfasst, wobei zwischen Elektrode (9) und Gegenelektrode (10) das Plasma (17) ausgebildet werden kann, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (9) in Bezug auf einen zu beschichtenden Gegenstand (1) eine Oberflächengeometrie derart aufweist, dass eine Plasmaverteilung (16) unmittelbar an dem zu beschichtenden Gegenstand (1) entsteht, so dass eine bedeutende Beschichtung auch an der Gegenelektrode (10) nicht zugewandten Oberflächenbereichen (3, 4, 5, 6) des Gegenstandes (1) erfolgt.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (9) wenigstens eine auf einen zu beschichtenden Gegenstand (1) abgestimmte Ausnehmung aufweist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (9) eine auf einen zu

beschichtenden Gegenstand (1) abgestimmte durchgehende Öffnung (11) aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (9) zumindest eine durchgehende Öffnung (11) besitzt und die Prozesskammer (7) derart ausgebildet ist, dass im Bereich der wenigstens einen durchgehenden Öffnung (11) das Plasma (17) auf beiden Seiten der Elektrode (9) ausgebildet werden kann.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Elektrode (9) und/oder die zumindest eine durchgehende Öffnung (11) der Elektrode (9) so ausgestaltet ist, dass das Plasma (17) sich über nicht nur unwesentliche Bereiche der Tiefe der zumindest einen durchgehenden Öffnung (11) erstrecken kann.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Elektrode (9) und/oder die Abmessung der zumindest einen durchgehenden Öffnung (11) der Elektrode (9) so ausgestaltet ist, dass das Plasma (17) sich über die gesamte Tiefe der zumindest einen durchgehenden Öffnung (11) erstrecken kann.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (9) eine Mehrzahl vorzugsweise regelmäßig angeordneter und auf zu beschichtende Gegenstände (1) abgestimmte Ausnehmungen und/oder durchgehende Öffnungen (11) aufweist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung als Ein- oder Mehrkammeranlage ausgebildet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass diese auf einen Dichtring (1) als zu beschichtenden Gegenstand abgestimmt ist.

12. Verfahren zum Beschichten eines Gegenstandes (1) aus elastomerem Material unter Nutzung eines Plasmas (17), der zur Beschichtung an einer Elektrode (9) in einer evakuierbaren Prozesskammer (7) positioniert wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (9) wenigstens eine Ausnehmung und/oder durchgehende Öffnung (11) besitzt und der zu beschichtende Gegenstand (1) so angeordnet wird, dass der Gegenstand (1) zumindest teilweise in die durchgehende Öffnung (11) und/oder Ausnehmung hineinragt.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (9) mit einer Vorspannung beaufschlagt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorspannung Wechselspannung, insbesondere mit einer Frequenz zwischen 4 und 40 MHz, oder gepulste Gleichspannung ist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Beschichten der zu beschichtende Gegenstand (1) unter Nutzung eines Plasmas (17) einer Oberflächenreinigung und/oder -aktivierung unterzogen wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenreinigung und/oder -aktivierung mit Edelgasen, insbesondere Argon, Luft und/oder Mischungen dieser Gase mit Sauerstoff erfolgt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass zum Beschichten Acetylen, Methan und/oder Mischungen daraus mit Edelgasen als Prozessgas verwendet werden.

Zusammenfassung:

Es wird ein Dichtring (1) aus elastomerem Material mit einer zusätzlich aufgetragenen Beschichtung vorgeschlagen. Zur Erhöhung der Oberflächengüte weist der Dichtring (1) eine Beschichtung auf, die zumindest überwiegend aus halogen-, silizium-, kohlenstoffhaltigen und/oder metallorganischen Monomeren gebildet ist.

Außerdem wird eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Beschichten eines Gegenstandes (1) aus elastomerem Material unter Nutzung eines Plasmas (17) vorgeschlagen.

Um eine bedeutende Beschichtung, vorzugsweise eine weitgehend gleichmäßige Beschichtung, auch an der der Gegenelektrode (10) nicht zugewandten Oberflächenbereichen (3, 4, 5, 6) des Gegenstandes (1) zu erhalten, weist die Elektrode (9) in Bezug auf den zu beschichtenden Gegenstand (1) eine erfindungsgemäße Oberflächengeometrie auf.

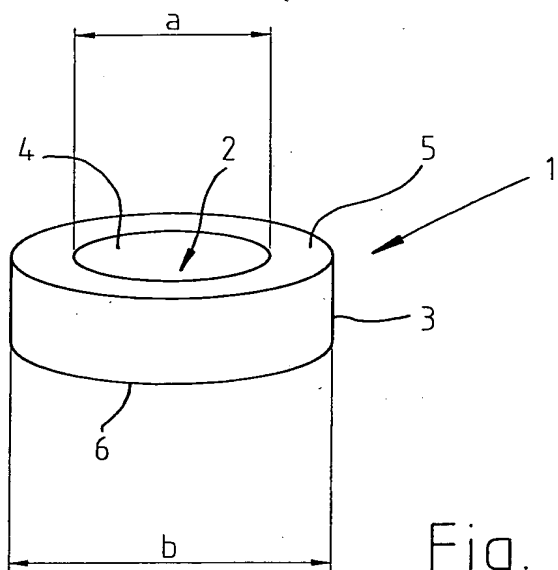


Fig. 1

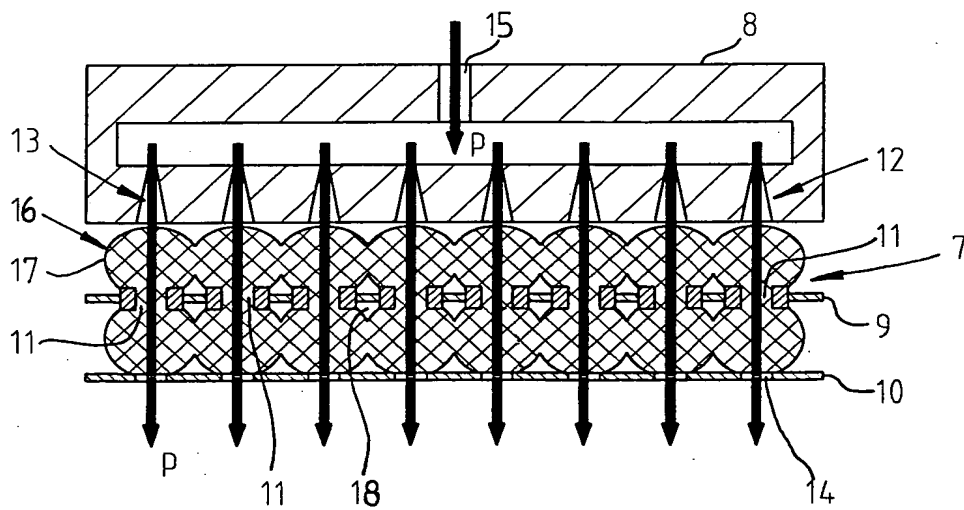


Fig. 2